ATHANASIUS KIRCHER: ORGANUM MATHEMATICUM ATTO SECONDO!

La macchina di Kircher descritta da Gaspare Schott

www.nicolaseverino.it – Giugno 2007

Nel novembre 2006 pubblicai un primo articolo su questo argomento, quando avevo a disposizione solo le principali immagini degli "iconismi", ovvero delle figure in cui venivano rappresentati strumenti e orologi solari nelle modalità del funzionamento della macchina denominata "*Organum Mathematicum*". In quell'occasione ebbi modo di ribadire la notizia che Kircher aveva pubblicato un volume a Roma circa un decennio prima che Gaspar Schott, suo allievo, pubblicasse il libro di cui ci occuperemo e che consta di oltre 1000 pagine descrittive di questa macchina. Di Schott abbiamo anche visto un cospicuo trattato di gnomonica, corredato da splendide incisioni in legno, nel suo *Cursus Mathematicus* che qui egli riprende a tratti per rendere più completa la parte dedicata alla gnomonica.
In effetti questa sezione può essere considerata, da sola, un piccolo trattato di gnomonica di circa 140 pagine, anch'esso illustrato con splendide incisioni. Il filo conduttore del tema è l'applicabilità delle teorie esposte al meccanismo di funzionamento dell'Organum che, ricordiamo, è composto da varie asticelle le quali combinate tra loro formano una sorta di abaco "calcolatore".
La parte gnomonica inizia a pag. 449 con il titolo:

PARS PRIMA
Explicatio Loculamenti Quinti
HOROGRAPHICI

in cui l'autore fa una descrizione sommaria dei contenuti dei capitoli successivi. La tavola espone tre classi di tabelle più due strumenti, la "Regola Sciaterica" e il "Semicirculus corneus".

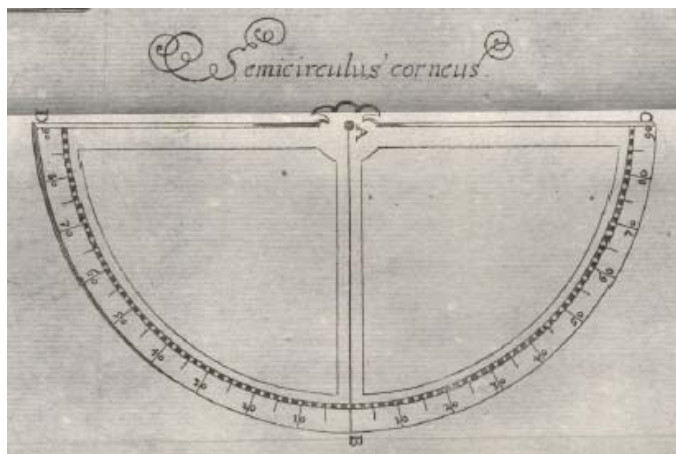
Il primo goniometro gnomonico

La regola sciaterica è il classico regolo gnomonico che deriva dalle prime scale gnomoniche ad iniziare da Curtius che noi consciuamo grazie alle citazioni di Cristoforo Clavio, come Schott stesso diligentemente ricorda ai lettori in questo raro passo di citazioni storiche:

Regulam Horographicam præparare.

REgulam illam, quam Auctor Organi in præcedenti Libello præparare, & ad aliquot horologiorum genera ejus ope delineanda adhibere docet, primus omnium (quod sciam) evulgavit P. Clavius cap. 16. libelli, quem de *Fabrica & Usu Instrumenti ad horologiorum descriptionem peropportuni* scripsit. Fatetur autem Germanâ sinceritate, se didicisse illam ab Illustrissimo Domino Jacobo Curtio, tunc, cùm illa scribebat, Cæsareæ Majestatis Rudolphi II. apud Summum Pontificem Sixtum V. Romæ Legato, viro cùm in omni doctrinarum genere, tum in rebus Mathematicis (sic loquitur Clavius) præstantissimo; & cùm sibi vehementer placuisset, utpote Instrumentum simplicissimum ad horas à meridie & media nocte in plano tam horizontali, quàm verticali facillimâ ratione describendas, voluisse se illam evulgare. Eandem Regulam, ejusque usum, fusè describit P. Joannes Voëllus lib. 2. de Horologiis cap. 15. ac ultimo, & P. Athanasius Kircherus lib. 4. Artis magnæ Lucis & Umbræ Par. 2. cap. 1. Pragmatia 7. ubi eam describit, & cap. 6. ubi ejus usum docet. Ejusdem Regulæ constructionem & usum docuimus nos lib. 14. Cursus Mathematici Par. 5. Propos. 2. & propter magnam facilitatem, latèque patentem usum hic repetimus, aliter tamen quàm citato loco constructam quoad modum, non quoad substantiam, quæ eadem est hic & ibi. Itaque

Su un piano sono riportate le distanze dei punti orari per gli orologi orizzontali, verticali, meridiani, polari ed altri; nell'altro piano vi è una "scala delle altezze" per le diverse latitudini. La cosa più interessante è il secondo "strumento", semplicissimo, che si vede nella tavola XXXI, parte seconda, e che viene denominato "Semicirculus corneus". Non è altro che un semicerchio suddiviso in due quadranti da 0 a 90 gradi con una linea verticale al centro come linea meridiana. E' l'antesignano del nostro moderno goniometro. E in questo

caso si tratta forse della sua prima applicazione storica che si conosca nella gnomonica. Kircher doveva inventare anche questo. Quanti di noi hanno disegnato degli orologi solari orizzontali o verticali calcolando i valori degli angoli orari con le consuete formule trigonometriche e applicando il goniometro per trasferire il valore degli angoli orari dalla linea meridiana? Sembrava un metodo così moderno, e invece Kircher lo descriveva e lo metteva in pratica già quattro secoli prima. Nelle due figure che seguono si vede sia il "goniometro" di Kircher sia la sua applicazione nel riporto delle misure angolari dalla linea meridiana per un orologio solare orizzontale.

poli Viennensis convenientem. Hoc peracto, accipe corneum ac *transparentem* semicirculum, in Receptaculo basis repositum, in gradus suos sive duos Quadrantes divisum; ductâ in plano aliquo lineâ Meridianâ AB, ad lineam CD horæ sextæ rectâ, applica corneum semicirculum supra lineam CD, *ita ut centrum semicirculi respondeat puncto A lineæ AB*. Post hæc accipe ho-

rariam Tabellam nigro colore imbutam, quam pone prope Tabellam 48 graduum, & vide, quis gradus respondeat horæ 11me & & 1me, & invenies gradus 11, minuta 17. Hunc quære in semicirculo *corneo* à B utrimque; & per impressa puncta si ex centro A lineas duxeris, erunt illæ lineæ horæ primæ & undecimæ. Deinde vide, quinam gradus correspondeant horæ 2 & 10, & hos inventos in Tabella 48 quære in limbo semicirculi à B versus C & D, & habebis puncta, per quæ lineæ ductæ ex centro A, dabunt horam 2 & 10. Et hoc pacto procedes usque dum omnes horas descripseris, & habebis Horologium finitum.

Nella figura a sinistra si vede l'applicazione dello strumento che è identica a come noi utiliziamo il goniometro per riportare la misura degli angoli orari dalla linea meridiana, disponendo il centro del goniometro coincidente con il centro orario dell'orologio. E' senz'altro una delle primissime immagini di applicazione del "goniometro" nella gnomonica, sebbene i quadranti e le quarte di cerchio fossero strumenti ben utilizzati da diversi secoli prima di Kircher. Tuttavia, il modo di usare questo "semicirculum corneum" mi è parso identico alle nostre moderne applicazioni e il fatto he egli parli di "semicircolo trasparente", si addice perfettamente ai nostri moderni goniometri.
Ovviamente gli angoli orari sono stati preventivamente calcolati e resi di facile accesso attraverso le tabelle che in questo caso si riferiscono esclusivamente alla latitudine di 48 gradi dove per le ore 11 e I, prima e dopo mezzodì, corrisponde un valore angolare di 11° 17'.

Ancora una volta Kircher riesce a stupirci e a farci scoprire che la sua gnomonica non è solo ciò che un tempo si pensava, ovvero una materia prettamente impregnata di astrologia, simbolismo e cose simili, ma è soprattutto scienza, condita con tutti gli ingredienti culturali che contraddistinguono la sua epoca e un personaggio di tale levatura. La cosa più bella di questo "progetto scientifico" di Kircher è il suo inusuale (per quei tempi), ampio, respiro di libertà in cui una gnomonica prettamente geometrica e matematica esce dalla limitata gabbia della sua numerologia, per arricchirsi di un sincretismo disciplinare che elimina ogni barriera culturale. La sua *Ars Magna Lucis et Umbrae* è il più alto monumento che rappresenta tale progetto per il quale Kircher è stato frainteso troppo spesso anche in tempi moderni e questo *Organum Mathematicum*, uno dei suoi figli più riusciti. Ne doveva contenere di meraviglie il "Museo Kircheriano". Nel secondo capitolo Schott passa a descrivere la Regola Sciaterica e le sue aplicazioni. Nelle immagini che seguono si vedono ognuna delle tabelle descritte.

Facies anterior.

Applicatoria	Elev. Poli. 40	Elev. Poli. 41	Elev. Poli. 42	Elev. Poli. 43	Elev. Poli. 44	Elev. Poli. 45
Gradus Quadrant. Ant. Pom.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.
XII	0 . 0	0 . 0	0 . 0	0 . 0	0 . 0	0 . 0
XI. I	9 . 45	9 . 57	10 . 10	10 . 22	10 . 32	10 . 43
X. II	20 . 21	20 . 44	21 . 7	21 . 29	21 . 51	22 . 12
IX. III	32 . 44	33 . 16	33 . 46	34 . 18	34 . 47	35 . 17
VIII. IV	48 . 7	48 . 39	49 . 12	49 . 44	50 . 16	50 . 46
VII. V	67 . 21	67 . 47	68 . 11	68 . 33	68 . 54	69 . 15
VI. VI	90 . 0	90 . 0	90 . 0	90 . 0	90 . 0	90 . 0
Ant. Pom. Gradus Quadrant.	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali
Elevatio Poli.	Elev. Poli. 50	Elev. Poli. 49	Elev. Poli. 48	Elev. Poli. 47	Elev. Poli. 46	Elev. Poli. 45

Facies posterior.

Elev. Poli 45	Elev. Poli. 46	Elev. Poli. 47	Elev. Poli 48	Elev. Poli 49	Elev. Poli. 50	Elevatio Poli. (Applicatoria)
Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Pro Horizontal. Grad. min.	Gradus Quadrant. Ant. Pom.
0 . 0	0 . 0	0 . 0	0 . 0	0 . 0	0 . 0	XII
10 . 43	10 . 54	11 . 5	11 . 17	11 . 25	11 . 35	XI. I
22 . 12	22 . 33	22 . 55	23 . 13	23 . 35	23 . 52	X. II
35 . 17	35 . 44	36 . 11	36 . 37	37 . 3	37 . 28	IX. III
50 . 46	51 . 15	51 . 42	52 . 9	52 . 35	53 . 0	VIII. IV
69 . 15	69 . 35	69 . 53	70 . 11	70 . 28	70 . 43	VII. V
90 . 0	90 . 0	90 . 0	90 . 0	90 . 0	90 . 0	VI. VI
Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Grad. min. Pro Verticali	Gradus min. Pro Verticali	Ant. Pom. Gradus Quadrant.
Elev. Poli 45	Elev. Poli. 44	Elev. Poli. 43	Elev. Poli. 42	Elev. Poli 41	Elev. Poli 40	Elevatio Poli.

La prima classe di tabelle, faccia anteriore e posteriore. La prima colonna a destra e a sinistra di ognuna è la tabella “applicatoria” che contiene i numeri orari, ovvero la numerazione delle ore; le altre colonne contengono i gradi e i minuti degli intercetti dei circoli orari per gli orologi orizzontali e verticali per undici latitudini, da 40 a 50.

Tabellæ rubro colore imbutæ.

Facies anterior.

Applicatoria						
Pro terminandis figuris	♉ . ♍	♊ . ♌	♋	♏ . ♓	♒ . ♐	♑
Elevatio Poli.	Elev. Poli. 48	Elev. Poli. 48	Elev. Poli. 48	Elev. Poli. 48	Elev. Poli. 48	Elev. Poli. 48
Horolog. Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.
Horæ Ant. Pom.	Part. min.	Part. min.	Part. min.	Part. min.	Part. min.	Part. min.
XII	16 . 40	14 . 28	13 . 56	25 . 98	34 . 1	38 . 89
XI. I	16 . 62	14 . 41	13 . 67	26 . 77	35 . 54	41 . 8
X. II	17 . 36	14 . 87	14 . 5	29 . 60	41 . 43	49 . 48
IX. III	18 . 99	15 . 88	14 . 89	30 . 82	59 . 33	78 . 99
VIII. IV	22 . 57	18 . 3	16 . 67	59 . 82	0 . 0	0 . 0
VII. V	31 . 66	22 . 98	20 . 68	0 . 0	0 . 0	0 . 0
VI. VI	66 . 14	36 . 57	30 . 47	0 . 0	0 . 0	0 . 0

Facies posterior.

						Applicatoria
♑	♒ . ♐	♏ . ♓	♋	♊ . ♌	♉ . ♍	Pro terminandis figuris
Elev. Poli. 50	Elev. Poli. 50	Elev. Poli. 50	Elev. Poli. 50	Elev. Poli. 50	Elev. Poli. 50	Elevatio Poli.
Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Pro Horizont.	Horolog. Horizont.
Part. min.	Part. min.	Part. min.	Part. min.	Part. min.	Part. min.	Horæ Ant. Pom.
42 . 15	36 . 17	26 . 81	13 . 38	14 . 12	16 . 39	XII
44 . 72	37 . 96	27 . 78	13 . 49	14 . 26	16 . 57	XI. I
55 . 31	44 . 98	30 . 94	13 . 89	14 . 74	17 . 31	X. II
95 . 70	67 . 30	38 . 93	14 . 76	15 . 79	19 . 5	IX. III
0 . 0	0 . 0	65 . 54	16 . 57	16 . 98	22 . 72	VIII. IV
0 . 0	0 . 0	0 . 0	20 . 49	22 . 82	31 . 55	VII. V
0 . 0	0 . 0	0 . 0	30 . 2	35 . 48	64 . 16	VI. VI

Seconda classe di tabelle che contiene altre sette tabelle di cui una è applicatoria ed ha i numeri orari ante e post meridiane; le altre sei contengono parti e minuti delle tangenti che occorrono per descrivere i paralleli del Sole (curve di declinazione del Sole) negli orologi orizzontali, ma solo per la latitudine di 48° e 50°.

Tabellæ viridi colore imbutæ.

Facies anterior			Facies posterior		
Applicatoria Pro Polari	Pro Meridian. Polari.	Pro Meridian Polari	Pro Meridian Polari	Pro Meridian Polari	Applicatoria Pro Meridian
Horæ	Terminatio ♈	Terminatio ♍ ♉	Terminatio ♊ ♌	Terminatio ♋	Horæ
Ant. Pom.	Part. min	Part. min	Part. min	Part. min	Ant. Pom.
XII	0 . 0	2 . 26	4 . 25	5 . 13	XII
XI. I	3 . 13	4 . 5	5 . 35	6 . 17	XI. I
X. II	6 . 56	7 . 27	8 . 35	9 . 11	X. II
IX. III	12 . 0	12 . 39	13 . 31	14 . 5	IX. III
VIII. IV	20 . 27	21 . 21	22 . 45	23 . 15	VIII. IV
VII. V	44 . 47	45 . 45	47 . 57	49 . 6	VII. V
VI. VI					VI. VI
Ant. Pom. Horæ	Terminatio ♎	Terminatio ♓ ♏	Terminatio ♒ ♐	Terminatio ♑	Ant. Pom. Horæ

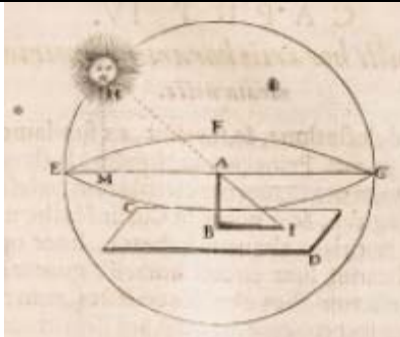
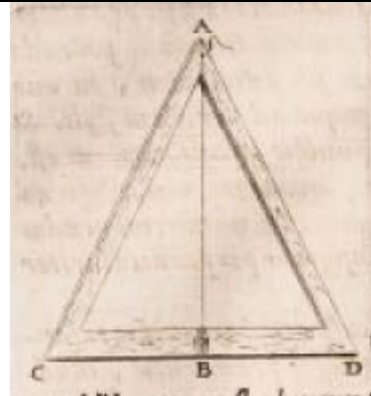
Qui affianco si vede la Terza Classe di Tabelle, formata da due gruppi di tre di cui una è sempre Applicatoria ed ha la numerazione oraria antimeridiana e pomeridiana; le altre due contengono parti e minuti delle Tangenti che occorrono per disegnare le linee di declinazione del Sole per gli orologi Meridiani, Orientali, Occidentali e Polari.

Nelle immagini sotto si vede il “Fundamentum” da cui si ricavano i valori numerici della regola Sciaterica; un disegno di orologio solare orizzontale completo di linee di declinazione che sta sul retro del Fundamentum; la Regula sciatherica nella faccia anteriore e la faccia posteriore con la scala delle altezze.

Applicazione della Regola Sciaterica all'orologio orizzontale: immagine piccola in visione generale, qui sopra il dettaglio della zona del centro orario dove avviene l'applicazione dello strumento e la costruzione del triangolo stilare.

In questa figura si vede l'esempio di applicazione della Regola Sciaterica per un orologio orizzontale. Si tirano due rette, di lunghezza a piacere, AB (il punto B non è visibile nella seconda figura del dettaglio) e CD che si intersecano ad angoli retti nel punto E. La linea AB sarà la meridiana delle ore 12 e per il punto E si traccia la perpendicolare CD che sarà la linea equinoziale. Fatto ciò, si applica la Regola Sciaterica facendo coincidere il suo bordo dove è segnato il numero 12 con il punto E, lungo la linea equinoziale CD. Non resta che da segnare i punti orari che si trovano sulla regola lungo la linea equinoziale a destra e a sinistra della meridiana.

Si deve cercare ora il centro dell'orologio e il piede dello gnomone per mezzo della Scala delle Altezze che sta sul retro della Regola Sciaterica. Nell'esempio Schott sceglie la latitudine di Vienna di 48 gradi. La linea delle latitudini è suddivisa in due per gli orologi orizzontali e per gli orologi verticali. In questo caso si deve leggere sul lato dove è riportata la scritta "Elevatio poli pro Horizontalibus". Si prende la distanza sulla Regola da A fino al grado 48 di latitudine e la si riporta sulla linea meridiana dell'orologio da E verso l'alto e si segna il punto V che sarà il centro dell'orologio. Dal centro, congiungendo con i punti orari trovati sulla linea equinoziale, si hanno le linee orarie per la latitudine che si è scelta sulla Regola. Per trovare l'altezza dello stilo, ovvero il triangolo stilare, si divide EV a metà trovando il punto R. Centrando con un compasso in R si traccia il circolo con raggio RE. Si misura con il compasso la distanza sull'equinoziale tra il punto E e i punti orari 3 o 9 e centrando in E si riporta tale distanza sul circolo fatto prima trovando i punti N e X che rappresentano il ribaltamento ortogonale dell'ortostilo sulla meridiana. Il punto M è il piede dello stilo, VX o VN l'assostilo. Non si può non notare che la scala delle latitudini così impostata non può offrire una precisione adeguata in quanto ha un passo di ben 5 gradi e si cade facilmente in errore nell'interpolare il valore di latitudini intermedie. Ovviamente ciò può comportare errori che su orologi solari murali e orizzontali non di grande precisione possono essere piuttosto trascurabili. Non dimentichiamo che nonostante la

precisione di calcolo delle tabelle per le linee orarie, la declinazione dei muri veniva ancora trovata con metodi molto approssimativi, quali l'uso di bussole e declinometri che non avevano grande precisione. Ma probabilmente il concetto di "misura del tempo" doveva essere forse molto più adeguato allo stile di vita semplice e non frenetica di allora e se la meridiana segnava qualche minuto in eccesso o in difetto, non doveva importare gran che, a maggior ragione se lo strumento non era concepito a scopo scientifico. D'altra parte si può ben immaginare con quale facilità un uomo che non sapesse nulla di gnomonica poteva disegnare orologi solari con questo straordinario macchinario davvero in pochissimo tempo e con pochissime operazioni, ottenendo comunque un grado di precisione sufficientemente accettabile per le proprie necessità. Allo stesso modo Schott va avanti a descrivere le operazioni, molto simili, per la progettazione degli orologi verticali, occidentali, orientali e polari integrando l'uso della Regola Sciaterica anche per la costruzione delle curve di declinazione del Sole relative ai segni zodiacali.
La parte seconda di questo trattato è una sorta di approfondimento-integrazione in cui l'autore descrive minuziosamente, in circa 50 pagine, la costruzione di tutti gli orologi solari proposti con la Regola Sciaterica e il Semicirculo corneo. Sono viste in dettaglio tutte le operazioni e le spiegazioni dei diversi casi, nonché una integrazione degli argomenti con specifiche teoriche in cui offre al lettore anche i fondamenti su cui poggia la teoria gnomonica. La sua "*Hypotheses Horologiographica*" è un riassunto delle definizioni già espresse nel suo Cursus Mathematicus che egli inserisce in questo contesto, come diremmo noi oggi, per completezza di informazione.

Prime definizioni della gnomonica

Strumento per trovare l'orizzontalità dei piani

Ecco l'elenco del contenuto di questa seconda parte:

Sectio Prima: Horographia per Semicirculum et Regulam Sciathericam

- De Semicirculi Horographici et Regulae Sciathericae fabrica
- De Horologio Horizontali Astronomico describendo, ope Horographici Semicirculi, Quadrantis et Regulae Sciathericae;
- De Horologio Verticali Astronomico describendo ex Horographico Semicirculi, Quadrantis et Regulae Sciathericae;
- De Horologiis Astronomicis Meridianis, ope Horographici Semicirculi, Quadrantis et Regulae Sciathericae;
- De Horologiis Astronomicis Polaribus, ope Horographici Semicirculi, Quadrantis et Regulae Sciathericae delineandis;
- De Horologiis Astronomicis Aequinoctialibus, ope Horographici Semicirculi, Quadrantis et Regulae Sciathericae describendis;
- Quinque Horologia Astrononmica, in quinque planus regularibus, unà & eàdem operam per Regulam Sciathericam Describere;
- De Horologiis Astronomicis Declinantibus describendis…
- De Horologiis Astronomicis Inclinatis ad Horizontem ….

Questi sono i singoli capitoli che contengono poi diverse annotazioni, proposizioni e tabelle esplicative, nonché approfondimenti e definizioni per meglio comprendere l'applicazione della macchina di Kircher. La *sectio secunda* contiene l'*Horographia per Arcus Horizontales et Verticales*, cioè la costruzione degli orologi per mezzo degli angoli delle linee orarie calcolati preventivamente e che si trovano sulle asticelle dell'*Organum Mathematicum*. Vedremo nel prossimo esempio come si applica lo strumento di Kircher per l'orologio orizzontale, operazione che è simile per gli altri tipi di orologi ad ore astronomiche.
La definizione di questo metodo è interessante perché la costruzione degli orologi solari trovando gli angoli orari è una delle pratiche più comuni anche nella gnomonica moderna, nonché più comoda,

almeno per gli orologi solari semplici orizzontali, verticali e anche declinanti. In effetti, io ho sempre sentito parlare del metodo “degli angoli orari”, ed ora trovo che Kircher, come Gaspar Schott e più in generale dal XVII secolo in poi, questo metodo non aveva una particolare denominazione, e ciò che ho riscontrato più spesso è proprio questa definizione di metodo “degli archi orizzontali e verticali” che Schott così descrive:

Altera methodus seu praxis Horologiorum, describendorum, non omnis quidem generis, sed Horizontalium hac Verticalium Astronomicorum tantum, quan Auctor Organi in Loculamento ac Libello quinto proponit, & brevissime explicat, instituitur per Arcus Horizontales ac Arcus Verticales, inter Meridianum seu Circulum horae duodecimae Astronomicae, aliosque horarios Circulos, à Meridiano distantes versus Orientem & Occidentem usque ad Verticalem primarium (...) interceptos.

Tabella Diſtantiarum Horarum Aſtronomicarum à Meridiano.

Horæ ante Merid.	Horæ poſt Merid.	Diſtancia ☉ à Merid.		Complementa Diſtantiæ.		Sinus recti Diſtantiæ.	Logarithmi Sinuum.
Horæ	Hora	G.	M.	G.	M.	Partes	Partes
	12	0	0	90	0	0 0	Infinitæ
11	1	15	0	75	0	25882	9412996
10	2	30	0	60	0	50000	9698970
9	3	45	0	45	0	70711	9849485
8	4	60	0	30	0	86603	9937531
7	5	75	0	15	0	96593	9984944
6	6	90	0	0	0	100000	1000000
5	7	75	0	15	0	96592	9984944
4	8	60	0	30	0	86603	9937531
A. M.	P. M.	Diſtantia ☉ à Merid.		Complementa Diſtantiæ.		Sinus recti Diſtantiæ.	Logarithmi Sinuum.

Tabella della distanze delle linee orarie dalla linea meridiana delle 12 in un orologio orizzontale

Primus Modus, Per Sinus & Tangentes.

Fiat ut Sinus totus ad Sinum elevationis poli, ita Tangens diſtantia Horarii à Meridiano ad aliud. Factâ enim operatione per Regulam Trium reperitur Tangens arcûs Horizontalis quæſiti, & ex Tangente, ipſe arcus in gradibus.

Exemplum. Sit poli elevatio graduum 50, diſtantia Horarii à Meridiano graduum 45. Fiat ut Sinus totus ſeu Radius 100000, ad Sinum graduum 50, qui eſt 76604: ita Tangens graduum 45, quæ eſt 100000, ad aliud: id eſt, multiplicentur 76604 per 100000, & productum 7660400000 dividatur per 100000; invenies 76604, Tangentem videlicet graduum 37, minutorum 28. Unde ſic ſtabit operationis forma.

Sinus totus, ſeu Radius	100000
Sinus graduum 50	76604
Tangens graduum 45	100000
Summa ex multiplicatione 2di per 3tium	7660400000
Quotus ex diviſione ſummæ per 1mum	76604

Nell’esempio tabellare che si vede qui sopra, è riportato il modo di trovare l’arco orizzontale tra il Meridiano e il circolo orario scelto con il calcolo dei Seni e delle Tangenti per una latitudine di 50 gradi e circolo orario di 45 gradi. Il risultato è 37 gradi e 28 minuti.
Un secondo metodo prevede i logaritmi e quindi la descrizione degli stessi per gli altri tipi di orologi solari.

Tabula I. arcuum Horizontis & Verticalis primarii, inter Meridianum & circulos Horarios Astronomicos, ad appositas elevationes poli supputata.

Altitudines poli pro Horologiis Horizontalibus.

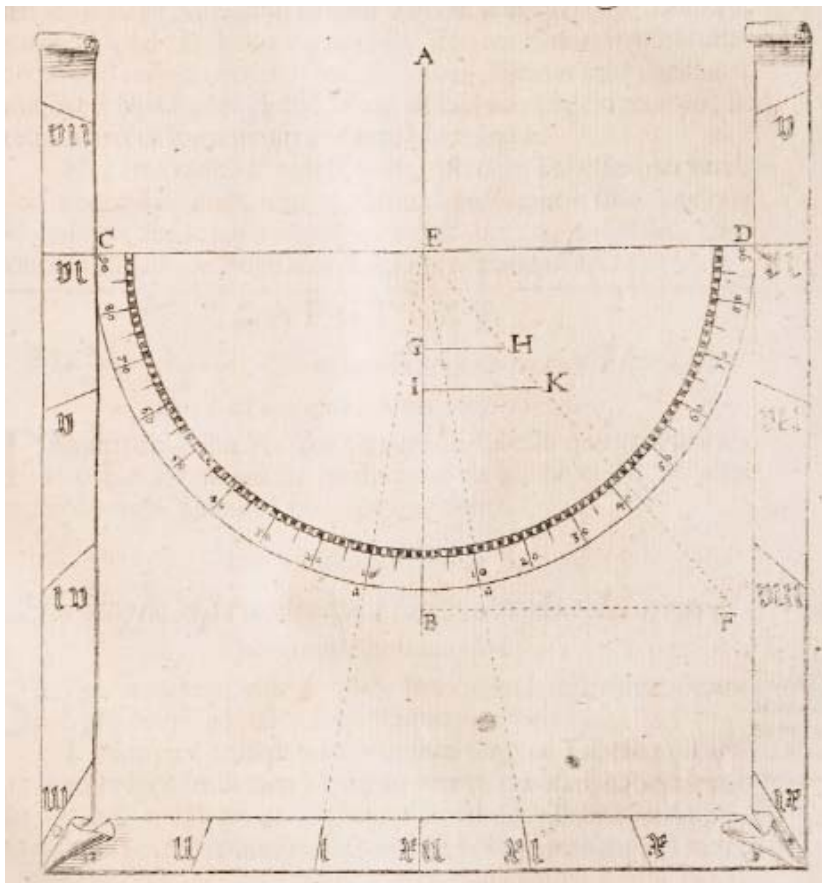
Horæ	12		1 / 11		2 / 10		3 / 9		4 / 8		5 / 7		6 / 6		Horæ
Grad.	G.	M	G.	M	G	M.	G	M.	G.	M	G	M	G.	M.	Grad.
35	0	0	8.	43	18.	18	29.	49	44.	49	64.	35	90.	0	55
36	0	0	8.	57	18.	46	30.	32	45.	30	65.	29	90.	0	54
37	0	0	9.	10	19.	9	31.	2	46.	11	66.	0	90.	0	53
38	0	0	9.	22	19.	34	31.	37	46.	50	66.	29	90.	0	52
39	0	0	9.	33	19.	58	32.	11	47.	28	66.	55	90.	0	51
40	0	0	9.	45	20.	21	32.	45	48.	7	67.	21	90.	0	50
41	0	0	9.	57	20.	44	33.	16	48.	39	67.	47	90.	0	49
42	0	0	10.	10	21.	7	33.	46	49.	12	68.	11	90.	0	48
43	0	0	10	22	21.	29	34.	18	49.	44	68.	33	90.	0	47
44	0	0	10	32	21.	51	34.	47	50.	16	68.	54	90.	9	46
45	0	0	10.	43	22.	12	35.	17	50.	46	69.	15	90.	0	45
46	0	0	10.	54	22.	33	35.	44	51.	15	69.	35	90.	0	44
47	0	0	11.	5	22.	53	36.	11	51.	42	69.	53	90	0	43
48	0	0	11.	17	23.	13	36.	37	52.	9	70.	11	90.	0	42
49	0	0	11.	25	23.	33	37.	3	52.	35	70.	28	90.	0	41
50	0	0	11.	35	23.	52	37.	28	53.	0	70.	43	90.	0	40
51	0	0	11.	45	24.	9	37.	52	53.	24	70.	59	90.	0	39
52	0	0	11.	55	24.	27	38.	15	53.	46	71.	13	90.	0	38
53	0	0	12.	5	24.	43	38.	37	54.	8	71.	28	90.	0	37
54	0	0	12.	13	25.	2	38.	58	54.	29	71.	41	90.	0	36
55	0	0	12.	22	25.	18	39.	19	54.	49	71.	54	90.	0	35

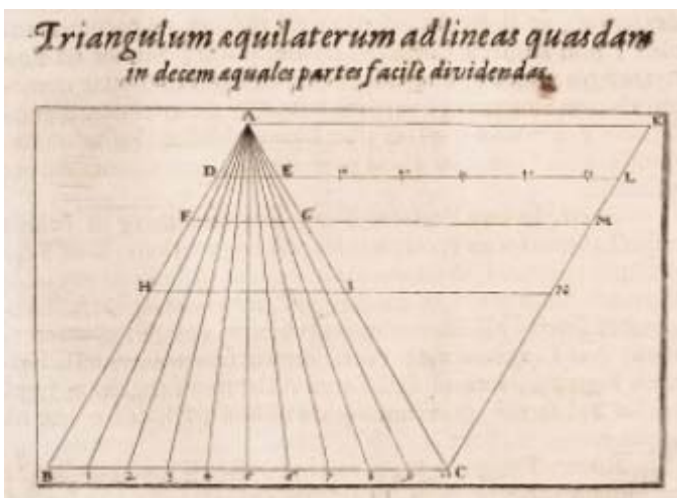
Altitudines poli pro Horologis Verticalibus.

Questa è una tavola delle distanze angolari delle linee orarie dalla linea meridiana, calcolate con i metodi visti sopra, per l’orologio orizzontale e verticale e per le latitudini da 35 a 55 gradi con passo di 1 grado. Nell’annotazione che seguono queste tabelle, Schott fa una precisazione storicamente importante. Egli informa il lettore, infatti, che altri usano computare le distanze degli archi orizzontali e verticali non dalle intersezioni del Meridiano con l’Orizzonte, verso *Ortus* e verso *Occasum*, ma dall’intersezione del Verticale primario con l’Orizzonte verso il Meridiano. E precisa che questa scelta fu fatta da Cristoforo Clavio che computò le sue tavole in questo modo non solo per le ore intere, ma anche per le mezze ore, i quarti e fino al passo del grado di quadrante orario, per le latitudini da 30 a 60 gradi!

Vediamo ora un esempio di applicazione del metodo, servendosi dello strumento inventato da Kircher, cioè dell’Organum Mathematicum che è l’oggetto di studio di questo articolo. Ricordiamo che nelle definizioni delle parti dello strumento di Kircher, le asticelle utilizzate per il calcolo sono classificate a colpo d’occhio, cioè visivamente, per mezzo di specifici colori. Questo per facilitare la scelta delle asticelle e per non creare confusione tra loro. La prima classe di tabelle create con le aste è di colore “Puniceo”, ovvero rosso arancione; la seconda classe, color Rubro, cioè rosso vivace; la terza classe, “viridi”, ovvero color verde.

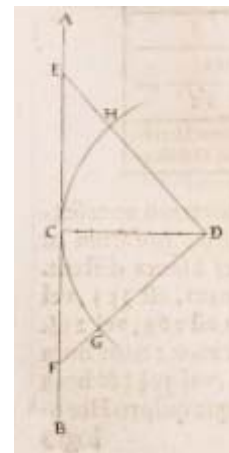
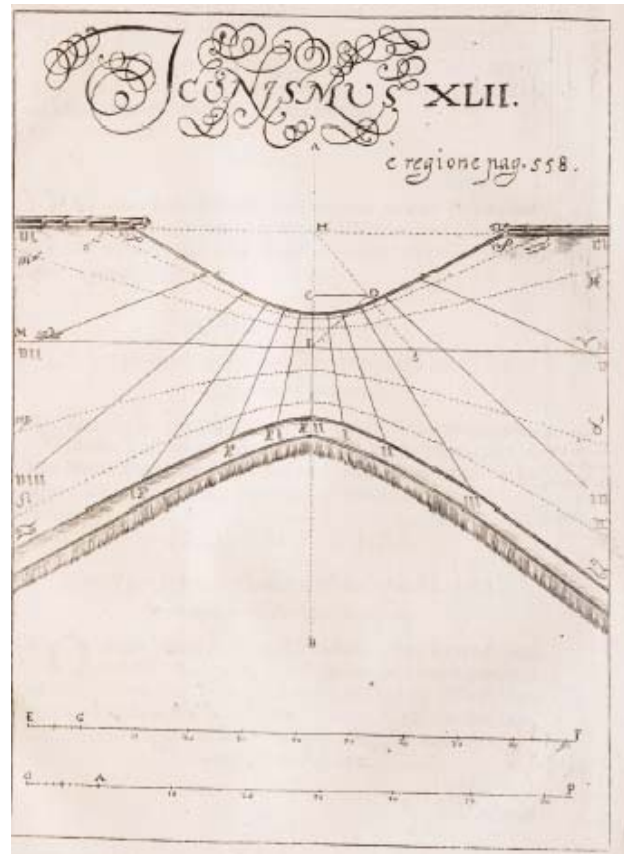
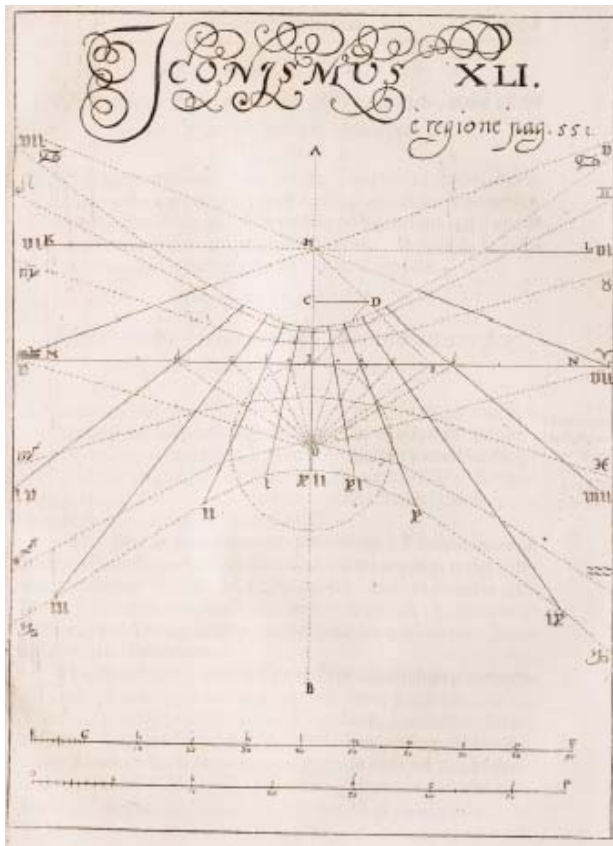
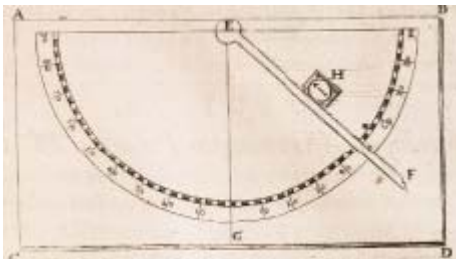
Per delineare un orologio orizzontale ad ore astronomiche per la latitudine di Roma con il metodo descritto sopra si procede così.

1. Si prende l'asticella della prima classe di tabelle di colore rosso arancione che reca sulla sommità il valore della latitudine per cui si vuole fare l'orologio, cioè di gradi 42 e la si accosta all'asticella Applicatoria della stessa classe, che contiene il numero delle ore.
2. Nel piano dell'orologio si tirino due rette AB e CD che si intersecano ad angoli retti in E. La retta AB è la linea meridiana delle ore 12 e la retta CD è quella del Primo Verticale delle ore 6 ante e post medianoctem; il punto E rappresenta il centro dell'orologio, il centro in cui convergono tutte le linee orarie astronomiche e il centro dell'impianto dell'assostilo;
3. Dal centro E, con grandezza a piacere, si descriva il semicircolo CBD e i quadranti CB e DB si dividano in 90 gradi ciascuno a iniziare dal punto B verso i punti C e D; sulla retta CED si applichi il "semicirculus corneus", cioè l'antesignano del nostro goniometro, in modo che il suo diametro giaccia sulla retta CED;
4. Posizionato il "goniometro", si leggono i valori angolari in gradi e minuti corrispondenti alle ore segnate sulle due asticciole preventivamente preparate e si riportano sull'orologio come punti da congiungere con il centro orario, con delle rette che saranno le linee orarie astronomiche dell'orologio.
5. Per trovare l'assostilo basta riportare il valore angolare corrispondente alla latitudine sul "goniometro, a partire da B in uno dei due quadranti verso D o verso C e congiungere una retta con il centro dell'orologio".

A sinistra si vede la figura dell'orologio orizzontale delineato con il metodo descritto. A destra sono le due asticelle dell'Organum Mathematicum che sono state utilizzate per questo orologio. La prima è la tabella applicatoria che contiene i numeri orari e la seconda è quella che contiene i gradi e i minuti delle distanze orarie dal meridiano per la latitudine di 42 gradi. E curioso notare che per l'orologio verticale alla latitudine di 42 gradi ci si deve servire dell'asticella che ha il numero 48, cioè il complemento della latitudine che si vede nella terza piccola immagine a destra.

Bella e interessante la prefazione alla terza parte dell'opera dedicata alla *Horographia per Tangentes*. Due cose ci dice molto interessanti. Una è che per quanto ne sa Schott, fu Cristoforo Clavio ad inventare il primo metodo di calcolare gli orologi solari per Tangenti, metodo che espose in uno scritto del 1599, senza specificare il titolo, e che, considerando la data, io proporrei di identificare con il manoscritto di gnomonica redatto in lingua italiana e finora sconosciuto, conservato alla Biblioteca Casanatense di Roma. Tale opuscolo è stato oggetto di un mio recente articolo su questo sito a cui rimando il lettore. Infine, parlando di Clavio, Schott sottolinea la velocità e precisione del metodo delle Tangenti rispetto ai vecchi metodi geometrici in cui l'uso continuo del compasso rendeva i disegni incomprensibili e molto imprecisi. Per questo metodo occorrono cinque cose: una tavola delle tangenti relative al "quadrante gnomonico" (quadrante orografico); un triangolo equilatero denominato "Decatomicum" che serve a suddividere le linee in dieci parti uguali; una tavola delle tangenti delle distanze orarie astronomiche dal meridiano; un triangolo gnomonico delle tangenti; una tavole delle tangenti per le curve di declinazione del Sole all'ingresso dei segni zodiacali.

Horæ Pomeri.	Horæ Antemer.	Distantiarum Horariarum G.	& M.	Tangentes posito radio part. 1000	Tangentes posito radio part. 10
1	2	0	0	0	0
12½	11½	7	30	132	1 3/10
1	11	15	0	268	2 7/10
1½	10½	22	30	414	4 1/10
2	10	30	0	577	5 8/10
2½	9½	37	30	767	7 7/10
3	9	45	0	1000	10
3½	8½	52	30	1303	13
4	8	60	0	1732	17 3/10
4½	7½	67	30	2414	24 1/10
5	7	75	0	3732	37 3/10
5½	6½	82	30	7596	76
6	6	90	0	Infinita	Infinita
Pomer. Horæ	Antemer. Horæ	G. & M. Distantiarum Horariarum.		Tangentes posito radio part. 1000	Tangentes posito radio part. 10

A sinistra si vede il Triangolo "Decatomicum" e a destra la tabella delle tangenti orarie dal meridiano.

Tabula I. Ad latitudinem Graduum 35.

Horæ P. M.	♋	♊ ♌	♉ ♍	♈ ♎	♓ ♏	♒ ♐	♑	Horæ A.M.
12	1632	1692	1863	2128	2482	2867	3060	12
1	1637	1700	1876	2153	2526	2936	3144	11
2	1659	1728	1925	2242	2683	3191	3458	10
3	1715	1778	2042	2453	3072	3899	4308	9
4	1865	1980	2335	3000	4197	6190	7643	8
5	2311	2510	3244	5030	11186	116381	Infinita	7
6	4010	4719	8569	Infinita				6
7	28552	Infinita.						5

Ancora tra gli elementi descritti per il metodo delle tangenti, vi è la tabella delle tangenti degli intercetti delle linee orarie con le curve di declinazione del Sole corrispondenti all'ingresso dei segni zodiacali, per la latitudine di 35 gradi (ma l'autore riporta le tabelle fino a 55 gradi) e nella figura a destra si vede il "triangolo gnomonico", ovvero il triangolo stilare, costituito da CD ortostilo, ED assostilo, E centro dell'orologio, C piede dell'ortostilo, ecc. al quale è riferito il calcolo delle tangenti.

Orologio orizzontale e verticale con le linee di declinazione dei segni zodiacali, disegnato con il metodo delle tangenti.

Lo stesso metodo è ampliato agli orologi verticali declinanti, integrando anche le informazioni sul come trovare la declinazione dei muri. A tal proposito Schott descrive il declinometro, strumento molto usato all'epoca che utilizza però la bussola per l'orientamento il che lo rendeva alquanto impreciso. Qui a lato si vede lo strumento come era concepito, cioè una tavola di legno o altro materiale, perfettamente piana, con un semicircolo suddivisio in due quadranti e un indice mobile al quale è incernierata una bussola. Quando questa indicava il Nord-Sud, si bloccava l'indice e si leggeva direttamente l'angolo di declinazione del muro. Scohtt avverte il lettore che egli non ha trattato il metodo di descrizione delle curve di declinazione zodiacali per tangenti, nell'orologio verticale declinante, già trattato da Clavio nel cap. 18 del libro *Horologiorum nova descriptio* e da Kircher nel lib. 5, prob. 6 dell' *Ars Magna Lucis et Umbrae*, perché "*intricatissima ac difficilissima est, nec fieri potest sine operosa Tabularum cuilibet poli altitudini & murorum declinationi peculiarium constructione*". Il metodo delle tangenti quindi, così come proposto per mezzo delle tavole, era di difficile applicazione generale per gli orologi declinanti.

L'argomento termina con la descrizione dell'orologio polare, meridiano orientale e meridiano occidentale sempre con il metodo delle tangenti.

Nicola Severino, giugno 2007
www.nicolaseverino.it